

HUANGHE

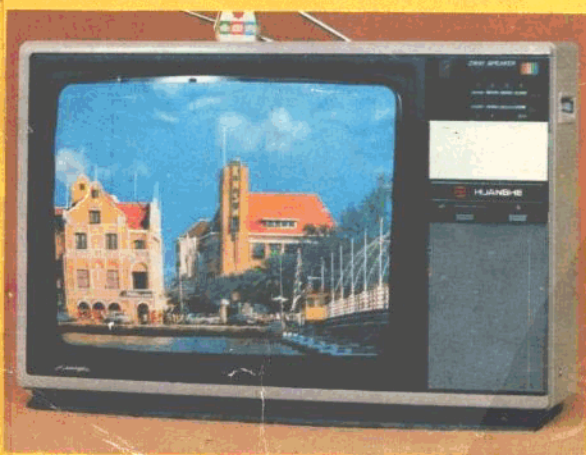
CAI SE DIAN SHI JI
YUAN LI YU WEI XIU



黄河牌彩色电视机原理与维修

胡喜昌 张建斌

李玉莲 曾金铃



西安电子科技大学出版社

前 言

随着社会主义事业的发展和人民文化生活水平的提高,彩色电视机得到了普及。为了满足电视机专业维修人员和无线电爱好者以及广大用户的要求,我们编写了《黄河牌彩色电视机原理与维修》。

本书以黄河牌 HC47-IV型机为主,结合 HC47-III型机线路介绍了集成电路彩色电视机的原理、线路分析、调整方法和故障检修方法。本书也适用于日本东芝公司生产的东芝系列彩色电视机以及我国引进东芝生产线的天津电视机厂、襄樊电视机厂、贵阳电视机厂、大连电视机厂、兰州长风机器制造厂、杭州电视机厂等生产的彩色电视机。

书中结合大量故障实例分析了黄河牌彩色电视机常见故障的特征、产生原因、故障部位、故障排除方法,并提出了维修中应注意的事项。

本书附录中还附有黄河牌 HC47-IV型、III型机的实际线路及其主要元器件国内外型号对照表等有关技术资料。

全书共分三篇。第一篇为彩色电视的基本原理,由曾金铃执笔;第二篇为彩色电视机电路分析,共九章,其中,第4~7章由张建斌执笔,第8、9章由李玉莲执笔,第10~12章由胡喜昌执笔;第三篇为彩色电视机的维修与调试,由胡喜昌、张建斌、李玉莲执笔。曾金铃同志为本书的编写和出版做了大量的工作。

本书能如期顺利地完成,要感谢李福康总工程师、罗思群总会计师以及总工程师办公室、全面质量管理办公室、销售处、资料处等对我们的全力支持和帮助。在这里特别要提出的是技术服务处全体同志们提供了多年积累的故障实例,使本书更加实用。

作者衷心感谢西安电子科技大学唐薇娟老师,她仔细审阅了全稿,又对原稿提出了许多修改和订正意见。

在编写过程中,我们虽作了多次反复的修改,但限于水平和编写经验,本书还会有不妥和错误之处,谨请读者批评指正。

作 者

1988年7月

目 录

第一篇 彩色电视的基本工作原理	
第一章 彩色显象原理	
1.1 光和物体的颜色	2
1.1.1 可见光的光谱	2
1.1.2 物体的颜色	2
1.2 三基色原理与混色法	3
1.2.1 彩色三要素	3
1.2.2 色感觉的三维表示	4
1.2.3 三基色原理	4
1.2.4 混色法	4
1.2.5 物理三基色	5
1.3 亮度方程及彩色图象的传送与重现	6
1.3.1 彩色电视显象管的基色和色度重现范围	6
1.3.2 亮度方程	7
1.3.3 彩色电视传象和重现原理	8
第二章 彩色电视原理和制式	
2.1 彩色电视制式的分类与特点	10
2.1.1 按传送三基色信号的时间顺序分类	10
2.1.2 兼容制的必备条件	10
2.2 彩色全电视信号	11
2.2.1 色度信号频带的压缩	11
2.2.2 色度信号和色差信号	12
2.2.3 频谱间置	15
2.2.4 彩色副载波的选择	16
2.2.5 彩色全电视信号	16
2.3 NTSC 制	17
2.3.1 平衡调幅与正交平衡调幅	17
2.3.2 色度信号矢量图	20
2.3.3 色度信号的幅度压缩	20
2.3.4 NTSC 制编码器方框图	23
2.3.5 NTSC 制的解码器	24
2.4 PAL 制	26
2.4.1 PAL 制色度信号	26
2.4.2 PAL 制编码原理	27
2.4.3 PAL 制的彩色副载波选择	29
2.4.4 PAL 制的彩色同步信号	29
2.4.5 PAL 制色度信号的解码	30
2.4.6 色调(相位)失真的改善	32
2.4.7 PAL 制行、场同步脉冲波形	32
第三章 特种器件的工作原理	
3.1 声表面波滤波器及陶瓷滤波器	34
3.1.1 声表面波滤波器的滤波原理	34
3.1.2 声表面波滤波器的结构	35
3.1.3 陶瓷滤波器	36
3.2 延迟(时)线	37
3.2.1 超声玻璃延迟线(一行延迟线)	37
3.2.2 亮度延迟线	38
3.3 梳状滤波器	39
3.3.1 梳状滤波器的工作原理	39
3.3.2 梳状滤波器的幅频特性和延迟量 τ 的选择	39
3.3.3 延时电路的匹配和补偿	41
3.4 自会聚彩色显象管	42
3.4.1 自会聚彩色显象管的结构特点	42
3.4.2 自会聚工作原理	43
3.4.3 自会聚管的色纯度	47
3.4.4 自会聚显象管的消磁	48
3.4.5 自会聚显象管的控制特性	48
3.5 多级一次升压行输出变压器	49
第二篇 黄河牌彩色电视机电路分析	
第四章 黄河牌 HC47-IV 型彩色电视机电路简介	
4.1 主要技术参数	51
4.2 电路组成与方框图	52
4.3 电路特点	52
第五章 频道预选器及电子调谐器	
5.1 频道预选器	55

5.1.1 频道预选器的工作过程	55	8.2.3 场锯齿波形成及预激励电路 ...	102
5.1.2 自动频率微调(AFT)通断控制 和伴音静噪电路	55	8.2.4 场输出电路	105
5.1.3 七段数字显示器及译码电路 ...	58	8.2.5 行 AFC 鉴相电路	107
5.2 电子调谐器	59	8.2.6 行振荡电路与 2:1 分频器	109
5.2.1 电子调谐器的作用和组成	59	8.2.7 行预激励电路	111
5.2.2 全频道电子调谐器电路分析 ...	60	8.2.8 行输出电路和行激励电路	111
第六章 图象中频放大器		8.3 TA7609P 各脚的作用及其波形 ...	117
6.1 前置中频放大电路	71	8.4 行、场扫描电路主要元件的作用 (黄河牌 HC47-IV 型机)	118
6.1.1 声表面波滤波器(SAWF)	71	第九章 色解码电路	
6.1.2 前置中频放大电路分析	72	9.1 彩色信号的编码与解码	120
6.2 TA7607AP 图象中频放大电路的 分析	72	9.1.1 彩色全电视信号的组成和彩色 信号编码	120
6.2.1 图象中频放大电路	72	9.1.2 色度信号的分离	121
6.2.2 视频检波器电路	75	9.1.3 解码电路的组成	124
6.2.3 前置视频放大电路	77	9.2 TA7193P 的功能与特点	126
6.2.4 集成噪声抑制电路	79	9.3 TA7193P 内部电路的分析	126
6.2.5 集成自动增益控制(AGC) 电路	82	9.3.1 色度信号放大器及其附属 电路	126
6.2.6 中放(IF)AGC放大和高放 (RF)AGC放大电路	84	9.3.2 副载波恢复电路	129
6.2.7 自动频率微调(AFT)电路	85	9.3.3 消色检波、放大及PAL识别 信号形成电路	138
6.3 黄河牌HC47-IV型彩色电视机的 中放电路	87	9.3.4 PAL 识别器和 PAL 开关	140
6.4 TA7607AP 各脚功能及电压	88	9.3.5 同步解调电路	142
第七章 伴音中频信号处理电路		9.3.6 G-Y 矩阵电路	144
7.1 伴音电路的组成	90	9.4 黄河牌 HC47-IV 型机解码电路工 作过程小结	145
7.2 TA7243P 内部电路的分析	92	9.5 TA7193P 各脚的功能和波形	146
7.2.1 伴音中频放大器	92	9.6 色解码电路主要元件的作用	147
7.2.2 鉴频器	92	第十章 亮度通道及视频输出电路	
7.2.3 音量控制及前置音频放大器 ...	94	10.1 亮度通道的功用及其组成	148
7.2.4 音频功率放大	95	10.2 亮度通道中的辅助电路	149
7.2.5 保护电路	95	10.2.1 伴音中频陷波电路	149
7.3 TA7243P 组成的伴音电路分析 ...	96	10.2.2 对比度控制电路	149
第八章 行、场扫描电路		10.2.3 黑电平钳位电路	149
8.1 行、场扫描电路的作用及组成	98	10.2.4 勾边电路	151
8.2 行、场扫描电路分析	99	10.2.5 亮度调节电路	152
8.2.1 同步分离电路	99	10.2.6 自动亮度限制电路(ABL 电路)	152
8.2.2 场同步放大和场振荡电路	101		

10.2.7 亮度延迟线	153	12.3.3 TA7698AP电路的工作原理...	186
10.2.8 行、场消隐信号电路	154	12.3.4 TA7698AP各引脚的功能 ...	196
10.3 视频输出电路	155	12.3.5 TA7698AP外围元件的 作用	198
10.3.1 视频输出级的主要功能	155	12.4 开关稳压电源	200
10.3.2 黄河牌HC47-IV型机的 视频输出级	155	12.4.1 振荡电路的工作原理	200
10.4 RF/AV接口转接器	157	12.4.2 控制电路的工作原理	202
第十一章 自激式开关稳压电源		12.4.3 STR-5412各引脚的功能 ...	202
11.1 自激式开关稳压电源的特点	159	第三篇 彩色电视机的维修与 调试	
11.2 自激式开关稳压电源的工作 原理	159	第十三章 检修故障的方法与步骤	
11.3 自激式开关稳压电源的工作 过程	161	13.1 检修中的注意事项	203
11.3.1 自激式开关稳压电源中间歇 振荡器的自激振荡过程	163	13.1.1 修理彩色电视机的注意 事项	203
11.3.2 控制电路原理	165	13.1.2 更换元器件的注意事项	204
11.3.3 稳压过程	166	13.2 彩色电视机检修的基本方法	204
11.3.4 过压、过流保护电路	167	13.2.1 万用表检查法	204
11.3.5 防辐射、干扰电路	167	13.2.2 波形法	206
11.3.6 缓升电路	168	13.3 黄河牌HC47-IV型机的拆卸 方法	208
11.3.7 消磁电路	169	13.3.1 后盖的拆卸	208
11.4 自激式开关稳压电源主要元件 的作用	171	13.3.2 底盘的拉出和检修	208
第十二章 黄河牌 HC47-III型彩色电视机 电路分析		13.3.3 按键电路板组件的拆卸	208
12.1 概述	173	13.3.4 正面调节VR(可变电阻器) 支架的拆卸	209
12.2 集成电路 TA7680AP 电路分析...	173	13.3.5 调谐器的拆卸	209
12.2.1 TA7680AP的功能和特点 ...	173	13.3.6 电源线的更换	210
12.2.2 TA7680AP的内部功能 方框图	175	13.3.7 底盘的拆卸	211
12.2.3 TA7680AP电路的工作原理	175	13.3.8 显象管的拆卸	212
12.2.4 TA7680AP各引脚的功能 ...	182	第十四章 彩色电视机的常见故障及其 检修方法	
12.2.5 TA7680AP外围元件的作用	184	14.1 公共通道电路的故障检修	213
12.3 集成电路 TA7698AP 电路分析...	186	14.1.1 有光栅、噪点正常、有噪 声、无图象和无伴音	213
12.3.1 TA7698AP的功能	186	14.1.2 荧光屏上光栅正常;噪点 淡薄,无图象也无伴音	215
12.3.2 TA7698AP的内部功能 方框图	186	14.1.3 图象淡薄扭曲,行不同步, 但伴音正常	217
		14.1.4 接收不到某频道正常的电视	

节目	218	14.4.14 行不同步	252
14.1.5 黄河牌HC47-Ⅲ型机频道 接收不正常	220	14.5 亮度通道电路的故障检修	256
14.1.6 某一按键在工作状态,但接收 不到正常的节目信号	222	14.5.1 无光栅、有伴音	256
14.1.7 显示数码缺笔划	223	14.5.2 无图象、有光栅、有伴音 ...	257
14.1.8 数码显示错乱	224	14.5.3 有伴音、有光栅、亮度失控	258
14.2 伴音电路的故障检修	225	14.5.4 有图象、有伴音、亮度偏暗	259
14.2.1 无伴音	226	14.5.5 光栅亮度失控,且有回扫线 ...	260
14.2.2 伴音失真	229	14.5.6 亮度通道及末级视放电路 各级对地的电压、电阻值 ...	261
14.3 色解码电路的故障检修	230	14.6 视放输出电路的故障检修	262
14.3.1 无彩色	230	14.6.1 光栅亮度失控	262
14.3.2 色饱和度失控	234	14.6.2 聚焦不良	263
14.3.3 爬行(百叶窗式干扰)	234	14.6.3 色纯不良	264
14.3.4 带有图象的单色光栅 (如红色)	234	14.6.4 暗平衡失调	264
14.3.5 缺少某种基色	235	14.6.5 亮平衡失调	264
14.3.6 彩色失真,无红色,且有爬行 现象	236	14.6.6 显象管颈内有紫光	265
14.3.7 彩色失真,无蓝色,且有爬行 现象	236	14.6.7 显象管栅阴两极之间泄漏 ...	265
14.3.8 光栅上有不规则彩斑	237	14.6.8 显象管第二阳极打火	265
14.4 行、场扫描电路的故障分析	237	14.7 开关电源电路的故障检修	266
14.4.1 无光栅、无伴音	237	14.7.1 无直流电压输出、.....	266
14.4.2 无光栅、有伴音	239	14.7.2 开关电源直流输出电压 偏低	268
14.4.3 屏面上呈现水平一条亮线 的故障	241	14.7.3 开关电源直流输出电压 偏高	268
14.4.4 光栅垂直幅度不足或垂直 幅度过大	243	14.7.4 开机烧断保险丝	269
14.4.5 光栅畸变	244	14.7.5 光栅扭曲	269
14.4.6 光栅几何失真	246	14.7.6 开关电源电路各级对地的电 压和电阻值	269
14.4.7 图象上出现回扫线	247	第十五章 彩色电视机的调试	
14.4.8 开机时图象模糊,严重散焦, 过一会聚焦有所好转	248	15.1 总调试说明	271
14.4.9 图象不清晰、亮度失控	249	15.1.1 概述	271
14.4.10 高压打火	249	15.1.2 仪器的连接	271
14.4.11 光栅左侧有黑条干扰	249	15.1.3 信号过载	271
14.4.12 帧行不同步	250	15.1.4 测试仪器	271
14.4.13 场不同步	251	15.2 图象中频调试	272
		15.3 自动频率控制调试	274
		15.4 PAL 彩色调试	275

15.4.1 彩色同步	275	15.6.11 PAL 彩色同步调整	278
15.4.2 色度矩阵	275	15.6.12 PAL 矩阵调整	279
15.5 伴音中频检波线圈(6.5MHz) 的调试	276	15.6.13 色纯度调整	279
15.6 检修调试	276	15.6.14 显象管灰度调整	280
15.6.1 一般说明	276	15.6.15 副亮度调整	281
15.6.2 自动消磁	276	15.6.16 中心会聚调整	281
15.6.3 +114V 电源的调整	277	15.6.17 周围会聚调整	281
15.6.4 高压校核	277	附录	
15.6.5 水平扫描振荡器的调整	277	附录一 我国电视频道划分表	283
15.6.6 垂直扫描振荡器的调整	277	附录二 黄河牌 HC47-IV型机元器件 国内外型号对照表	285
15.6.7 垂直扫描幅度的调整	277	附录三 黄河牌彩色电视机电路图中 英汉名词对照表	288
15.6.8 聚焦调整	277	附录四 电阻器、电容器、电感线圈的 型号和标志方法	291
15.6.9 延迟的RF AGC(自动增益 控制)调整	278	参考文献	
15.6.10 AFC(自动频率控制)校正 ...	278		

第一篇 彩色电视的基本工作原理

电视是用电的方法传送活动图象的技术。在发送端，用电视摄像机把景物图象变成相应的电信号（电视视频信号），再通过无线电波或有线线路传出去；在接收端，用电视接收机把电视视频信号重现为原来的景物图象。电视可分为黑白电视和彩色电视两种。彩色电视是在黑白电视的基础上发展起来的，它不仅同黑白电视那样能远距离传送和显示景物图象的亮度，而且还能传送和显示景物的颜色。然而，自然界的颜色绚丽多彩，极其丰富，电视发射台是不可能产生出这么丰富的，与每一颜色相应的电信号的，电视接收机显象管也不可能直接显示如此众多的颜色。本篇第一章将告诉我们，利用三基色红（R）、绿（G）、蓝（B）进行相加混色就能较好地解决这个问题。

人们不仅要求电视机的技术性能好，而且还要求它寿命长，经久耐用，不出故障。然而，任何一台电视机在长期使用中不出现一点故障是不可能的，问题是在出现故障后，如何尽快地把它修复，并保持其原来的功能指标，这就与维修人员的技术水平有很大的关系。

电视机出现故障时，检修人员根据电视机的结构和电路的基本原理应首先判断出故障的部位，然后“对症下药”，进行检修。作为检修人员应该熟记以下基本知识：

第一，应该知道电视天线所接收来的电视信号的内容、形式和特点，因为电视机的内部电路所处理的电信号就是由天线接收来的电视信号。只有正确地接收和处理电视信号，才能保证在显象管的屏幕上显现出逼真的彩色图象，并保证扬声器发出清晰悦耳的声音。

第二，应该熟记PAL制（逐行倒相正交平衡调幅制，为我国现行制式。）彩色全电视信号的组成，及其编码、解码过程和特点。

第三，应该熟记彩色电视机的各组成部分及其电路的功能和基本工作原理。

第四，应该知道自会聚彩色显象管的基本工作原理，能够根据显象管屏幕上的彩色图象分析故障原因。同时也应该知道机内所用特种器件的功能、特点和工作原理。

检修人员只有充分理解上述四点内容，才能有目的地进行检修。电视机的内部故障都有与它相应的外部表现，内部电路不同部分的故障对应于不同的外部表现；不同的外部表现就反映了相应的内部电路故障。检修人员运用由表及里的检修方法，即根据彩色显象管屏幕上的图象质量及扬声器的音响情况可以判断电视机内故障的性质及其所在部位。当然，这种内外对应不是简单的一一对应的关系，有的故障是由多个内部因素分别引起，有的故障则是由多个内部因素同时引起的。若能正确地判断产生故障的原因，就能够提高检修效率和质量，做到既快又准，正确地进行检修。

本篇第一、二、三章叙述上述四点内容。

第一章 彩色显象原理

实现电视节目的播送和接收,要有各种专用设备协同工作,组成一个电视系统。在电视系统中,电视接收机只是单方面地接收电视信号,虽然数量最多,但也只是电视系统中的一个组成部分。可见,电视接收机重现电视图象的质量,并非完全由电视接收机本身的质量所决定,而是由整个电视系统的各个环节(光源、光-电变换、传输、电-光变换等)共同决定的。

彩色电视是在黑白电视的基础上发展起来的,它不仅能传送和显示景物的亮度,而且还能传送和显示景物的颜色。以下分析如何利用红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色进行相加混色以获得彩色图象的原理。

1.1 光和物体的颜色

1.1.1 可见光的光谱

众所周知,光是一种物质,它以电磁波的形式传播。电磁波是一种携带能量的电磁辐射,它的波谱很广,如图1-1所示。可见光的波长(λ)约为380~780nm,相应的频率为 $(8 \sim 4) \times 10^{14}$ MHz。不同波长的光射入人眼时,会引起人眼的不同颜色感觉。例如:700nm的光能引起红色的感觉;500nm的光能引起蓝色的感觉;400nm的光能引起紫色的感觉。当光波从一种媒质进入另一种媒质时,

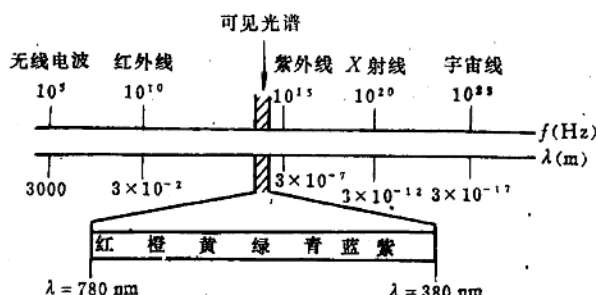


图1-1 电磁波辐射波谱

传播方向将发生改变,这种现象叫光的折射。折射角度与光波波长有关,波长越短,折射角越大。利用这一现象做分光实验,将一束白光投射到一块玻璃三棱镜上,就能得到一组依次按红、橙、黄、绿、青、蓝、紫连续分布的彩色光带。这些按波长顺序排列在光谱中的光,称为谱色光。谱色光是连续的,即各种颜色之间不是突然变化的,每种色光具有一个窄范围的波段。由各种色光构成了绚丽多彩的自然景色。

1.1.2 物体的颜色

物体的颜色由三个因素决定:一是照射光源的类型;二是物体表面将入射光反射到周围的特性;三是人眼的视觉特性。三个因素中只有第二个因素与物体本身有关。

照射光源不同,同一物体所反射的光的颜色也不同。白光照射红色物体呈现出红色,绿光照射红色物体呈现为黑色。蓝光照射一朵鲜花时,就会看到花朵和叶子都是黑色的(除花朵是蓝色的外)。这说明了,不透明物体呈现的颜色是它所能反射的光的颜色。当白

光照射透明物体时，一定波长的光能透过它，其余波长的光被吸收，能透过的光的颜色就是透明物体的颜色。利用透明体颜色的这一特性，我们可以做出各种颜色的滤色镜片。彩色电视就是使用滤色镜和分色镜，把一幅彩色图象分解成红、绿、蓝三种基色图象，然后进行传送的。

在彩色电视中，白光源作为色度计算中的一种标准，不同的白光源由于其光谱的分布不同，其计算结果也就不同。太阳光的辐射光谱随季节、气候、时辰而变化，故不能作实用光源。为此，国际上规定了

A、B、C、 D_{65} 、E五种白光源。为了区别各种光源因光谱的组成不一样而出现的差别，常用黑体的辐射源作标准，其它光源都与它比较。黑体是既不反射，也不透光，完全吸收入射光的物体。它的热辐射程度只与温度有关，图 1-2 表示在标准色度图上黑体辐射的彩色位置与绝对温度的关系，它们位于一条所谓的“普朗克曲线”上。图中光源 A 对应色温为 2850K；光源 B 对应色温为 4800K；光源 C 对应色温为 6770K；光源 D_{65} 对应色温为 6500K；E 为等能量标准白光，对应色温为 5500K。温度较低时，该曲线起始于谱色轨迹的长波长端（炽红色）；温度较高时，经不饱和的黄色朝白炽色变化；

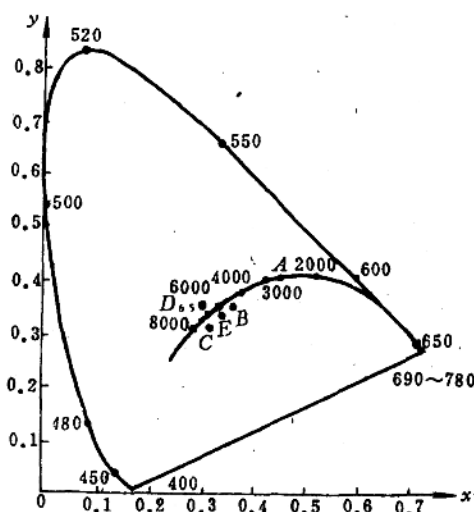


图 1-2 标准色度图上的普朗克曲线

5500K 时，曲线紧靠等能量光谱的彩色位置 E；当温度极高时，曲线终止于不饱和的蓝偏紫色处。当某光源辐射与黑体某一温度的辐射特性相当时，人们就把此时的黑体温度（绝对温度 K）称为该光源的色温。对于不同系列的彩色电视机，选用的色温点（即白光源）是不同的。

当不同波长的可见光作用于人眼时，人眼不仅能感到不同颜色，而且还能感觉到各种颜色所具有的不同的亮度。在白天，我们不但能看清物体，而且能清楚地辨别出物体的颜色。到了夜晚，人眼只能看清物体的大概轮廓，无法清楚地辨别物体的颜色了，这说明强度足够的彩色光不仅给人以彩色感觉，还给人有亮度感觉，且人眼感觉对红、绿、蓝、三种光最敏感。生理解剖学告诉我们，人眼感光细胞的大小和形状及其在感觉系统中的位置排列，造成了人眼的上述特性。

1.2 三基色原理与混色法

1.2.1 彩色三要素

任何一束彩色光对人眼引起的彩色视觉的总效果，可以用亮度、色调、色饱和度三个量来表示，通常把这三个量称为彩色三要素。

(1) 亮度。亮度表示彩色光被人眼所能感觉到的明暗程度。当色调和色饱和度固定

时,若彩色光的能量增强,亮度就会增大;若彩色光的能量减小,亮度就会降低;彩色光的能量为零时,亮度也为零。

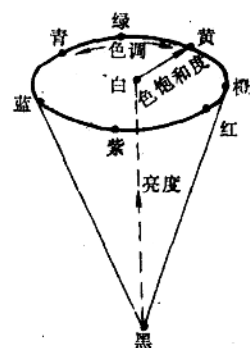
(2) 色调。色调就是彩色的种类,指的是红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等不同颜色。色调是彩色最重要的特性。

(3) 色饱和度。色饱和度(简称饱和度)是指彩色光所呈现的彩色深浅程度。饱和度高,说明颜色深。饱和度最高的颜色称为纯色,纯色的饱和度为100%。饱和度低于100%的颜色,称为非饱和色,这是由于白光掺入后使饱和色冲淡的结果。白光越多,饱和度越低;白光越少,饱和度越高。

色调和色饱和度这两个量,既说明了彩色的种类,以说明了彩色的深浅程度,二者合起来统称为色度。在彩色电视技术中,传输彩色图象实质上就是传送图象的亮度和色度。

1.2.2 色感觉的三维表示

色调、色饱和度和亮度这些感觉特征,不能直接用定量表示。若用彩色三维空间来表示那就很形象、直观。由蓝经青、绿、黄、橙、红、紫回到蓝构成一个循环,把它们布置成一个圆,圆的中心点上为非五彩色(白色或灰色),从中心趋向圆周时色饱和度增高,循着中心轴从下往上时亮度增高,最下端顶点为黑色,如图1-3所示。



1.2.3 三基色原理

人们在长期的实践中发现以下几条规律:

① 自然界中所能观察到的各种颜色,都可以用三个基本颜色按一定比例相加混合得到;反之,任意一种颜色都可以被分解为三个基色。

② 在相加混色中,作为基色的三种彩色必须相互独立,即其中任一色都不能由其它两色混合来产生。对三基色的选择,原则上是任意的,但考虑到人眼的感光细胞的反应敏感情况,常选用红、绿、蓝作为三基色。

③ 三种基色之间的比例,直接决定混合色的色调与饱和度。

④ 混合色的亮度等于参加混合色的各个基色分量的亮度之和。

以上称为三基色原理。它是对彩色实行分解、混合的重要理论。它大大简化了彩色图象的传送和重现技术,否则要传送和重现自然界中千差万别的颜色,就需要许许多多电信号,去实现各种彩色的波长与强度,这显然是行不通的。

1.2.4 混色法

彩色电视利用三种基色相加来获得彩色图象的方法称为相加混色法。图1-4(a)为用等能量的红、绿、蓝三基色光进行相加混色的示意图。黄、青、品是混合色,分别为蓝、红、绿的补色。如果两种彩色以适当的比例相加得到白色,则我们把这两种彩色称为互为补色。黄与蓝互为补色;青与红互为补色;品色(即品红色或红紫色,紫色)与绿色互为补色。这是因为

$$\begin{aligned} \text{白} &= \text{红} + \text{绿} + \text{蓝} = (\text{红} + \text{绿}) + \text{蓝} = \text{黄} + \text{蓝} \\ \text{白} &= \text{红} + \text{绿} + \text{蓝} = (\text{红} + \text{蓝}) + \text{绿} = \text{紫} + \text{绿} \\ \text{白} &= \text{红} + \text{绿} + \text{蓝} = \text{红} + (\text{绿} + \text{蓝}) = \text{红} + \text{青} \end{aligned}$$

彩色电视是利用人眼的视觉特性进行混色的，它可分为：

① 同时将三种基色光分别投射到同一表面的三个相距足够近的三点上，人眼就产生三种基色光混合的彩色感觉。这种混合法称为空间相加混色法，是目前彩色显象管获得彩色图象的基本方法。

② 顺序地把三种基色光先后投射到同一表面上，使轮换时间小于人眼的视觉暂留时间 (0.1s) 时，人眼也会感觉到彩色光，它与三种基色光直接同时混合时相同，这种混色法称为时间相加混色法。

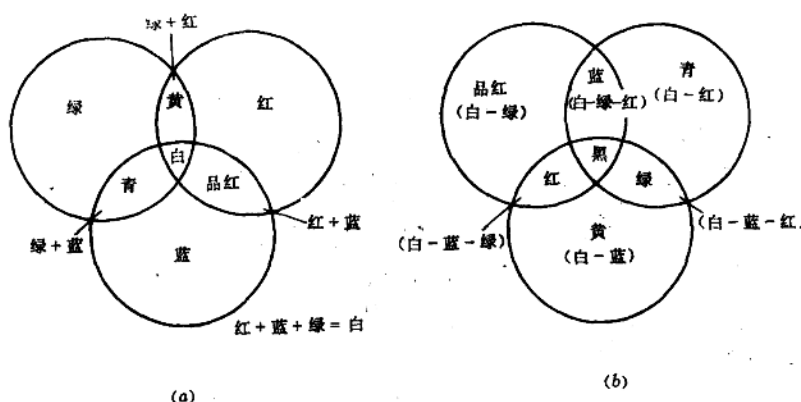


图 1-4 混色法

(a) 相加混色; (b) 相减混色

在日常生活中的彩色绘画，彩色印刷、印染，彩色胶片等采用的是相减混色法。它是利用不同颜料对白光中某些基色光的吸收程度不同而实现混色的。其实质仍是色光的相减，并不是颜料的相减。在相减混色中，通常选用黄、品（紫）、青为三基色。与彩色电视中的三基色不一样，不要把二者混同起来。图 1-4 (b) 为相减混色。

1.2.5 物理三基色

由三基色原理知道：按照不同比例混合三种基色光，能获得某种混合色光。用选定的红、绿、蓝三基色光进行相加混合获得等能量标准白光 $E_{\text{白}}$ ，它所需红、绿、蓝基色光亮度间之比例为 1:4.5907:0.0601。为了计算方便，国际上将一个单位的红光的光通量规定为 1 lm (流明)①，一个单位的绿光的光通量为 4.5907 lm，一个单位的蓝光的光通量为 0.0601 lm，以上三者混合后得到 5.6508 lm 的标准白光 $E_{\text{白}}$ ，并将此三种基色称为物理三基色，其配色方程为

① 流明(lm): 为光通量单位，是按人眼的感觉来量度光的光辐射功率。

$$E_{\text{白}} = 1 \cdot (R) + 1 \cdot (B) + 1 \cdot (G)$$

若配制任意彩色光 F ，其配色方程为

$$F = R(R) + G(G) + B(B)$$

式中 (R) 、 (G) 、 (B) 分别表示红、绿、蓝三种基色单位的符号。 R 、 G 、 B 称为三基色系数。 R 、 G 、 B 三者之间的比例系数决定所配色光 F 的色调和饱和度，按拉格司曼定律，三者分量之和等于混合色光 F 的亮度。这在彩色电视中作计算时是很有用的。例如： $R:G:B=1:1:1$ 是饱和度为零的白光； $R:G:B=1:1:0$ 是饱和度为 100% 的黄光，因此时 $F=1(R)+1(G)=$ 黄光； $R:G:B=1:1:2$ 则是非饱和的蓝色光。因为此时配色方程式变成

$$\begin{aligned} F &= 1 \cdot (R) + 1 \cdot (G) + 2 \cdot (B) \\ &= [1 \cdot (R) + 1 \cdot (G) + 1 \cdot (B)] + 1 \cdot (B) \\ &= \text{白色光} + \text{蓝基色光} = \text{浅蓝色光} \end{aligned}$$

说明白光冲淡了蓝基色光。

1.3 亮度方程及彩色图象的传送与重现

1.3.1 彩色电视显象管的基色和色度重现范围

彩色电视中选择的三基色，在色度图中所形成的三角形的面积应尽可能大，在选配荧光粉时，使所选的三基色坐标点尽可能靠近光谱色曲线，即尽可能配出丰富的彩色。同时还要求荧光粉的发光效率高，以得到足够的亮度。根据 PAL 制和 NTSC 制规定，三种荧光粉在色度图上的坐标值如表 1-1 所示。

表 1-1 显象三基色的色度图坐标值

制式 坐标 基色	PAL			NTSC		
	x	y	z	x	y	z
红	0.64	0.33	0.03	0.67	0.33	0.00
绿	0.29	0.60	0.11	0.21	0.71	0.08
蓝	0.15	0.06	0.79	0.14	0.08	0.78

显象三基色所组成的三角形面积比物理三基色的面积略小，见图 1-5。但在实际生活中，高饱和度的彩色是极少见的，所以，显象三基色形成的三角形所包含的颜色对彩色电视而言已相当丰富。

实践证明，在不明显降低重现彩色质量的情况下，牺牲一些重现色域而换取较高的重现彩色亮度是合适的，况且所选的 R 和 G 两个基色比较靠近光谱轨迹，使较常见的、引起美感的彩色都能重现出比较饱和的色光。

对维修人员来说，用彩色三角形来理解相加混色原理更加简单、直观、形象。图 1-6 是一个以三基色为顶角的等边三角形， RG 边表示的是由红色和绿色混合构成的彩色。黄色位于 RG 边的中点，橙色在这点往红色的一侧，而黄绿色在它的另一侧。同样，紫色落在红色和蓝色之间的中点，青色位于蓝色和绿色之间的中点。以三角形的边为界，其内部所有色调的产生必须由三个基色共同参加混色。

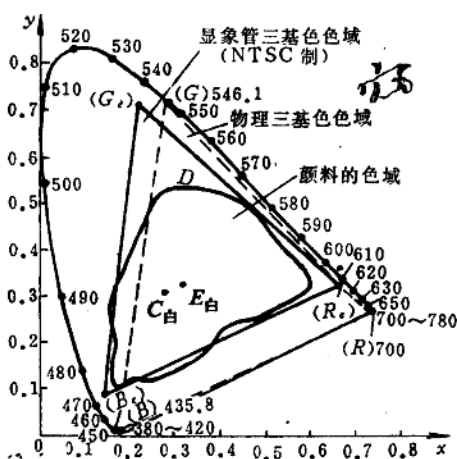


图 1-5 彩色电视色度重现范围

在三角形的中心, 三个基色参与混色的量都是等同的, 这点就是白色的位置(W 点)。

穿过 W 点的任意一条横越此三角形的直线所联结的两种色彩互为补色, 它们合在一起就形成白色(例如, 红和青、蓝和黄等等)。

在彩色三角形的 R 点上是完全纯红色

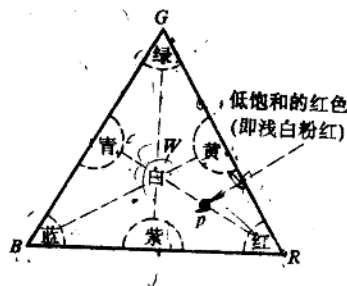


图 1-6 相加混色的彩色三角形

的, 也就是说它的饱和度是 100%。沿着直线 RW 移向 W 点, 随着白色的增加, 红色变淡, 于是纯红色就向着柔和的红色 (粉红色) 变化, 而在 W 点上, 红的色泽终于完全消失了。

当白色加于某一彩色时, 就说该彩色的饱和度被降低了, 所以彩色的饱和度即反映某彩色的“浓”度。对于纯红色我们就说是 100% 的饱和度, 与其相比较而言, 如 80% 饱和度的红色, 即相当于在红色中混入了 20% 的白色。图中 P 点为低饱和的红色, 即浅白粉红。

1.3.2 亮度方程

显象三基色的色度坐标选定后, 就可写出配色方程, 按 NTSC 制规定显象管三基色各为 1 个单位时可混合得到 1 个单位的 $E_{\text{白}}$, 即 $1 \cdot (R_r) + 1 \cdot (G_r) + 1 \cdot (B_r) = E_{\text{白}}$, 式中 (R_r) 、 (B_r) 、 (G_r) 为显象三基色单位量的符号, 欲配任一色光可写成

$$F = R_r(R_r) + G_r(G_r) + B_r(B_r)$$

R_r 、 G_r 、 B_r 三者之间的比例关系决定所配出色光 F 的色调和饱和度, 三者之和决定 F 的亮度。

若要将显象三基色混合成白光, 所需光通量之比应是多少呢? 在 XYZ 计色制中, 只有 Y 代表亮度。按 NTSC 制显象三基色配制光通量为 1 lm 标准白光的亮度方程为

$$Y = 0.299R_r + 0.587G_r + 0.114B_r$$

通常简化为

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

这又称为亮度恒定公式。换成电压方程的形式为

$$E_Y = 0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B$$

实际上由于选择的三基色色度坐标不同, 以及规定配成的标准白光和电视制式的不

同,亮度的方程式是有差别的。PAL制的亮度方程为

$$Y = 0.222R_r + 0.707G_r + 0.071B_r$$

与NTSC制的亮度方程有差别。由于NTSC制较早问世,通常PAL制并没有采用自己的亮度方程,而仍沿用NTSC制的亮度方程。显然,对PAL制来说会产生误差,但所引起的误差还在允许范围之内,在主要特性上仍能满足视觉对亮度的要求。

1.3.3 彩色电视传象和重现原理

图1-7为彩色电视传象和重现原理图(在电视机调试时的八色彩条是由电视信号源产生的)。根据三基色原理,摄像机首先通过三基色分色系统,把入射的彩色图象的彩

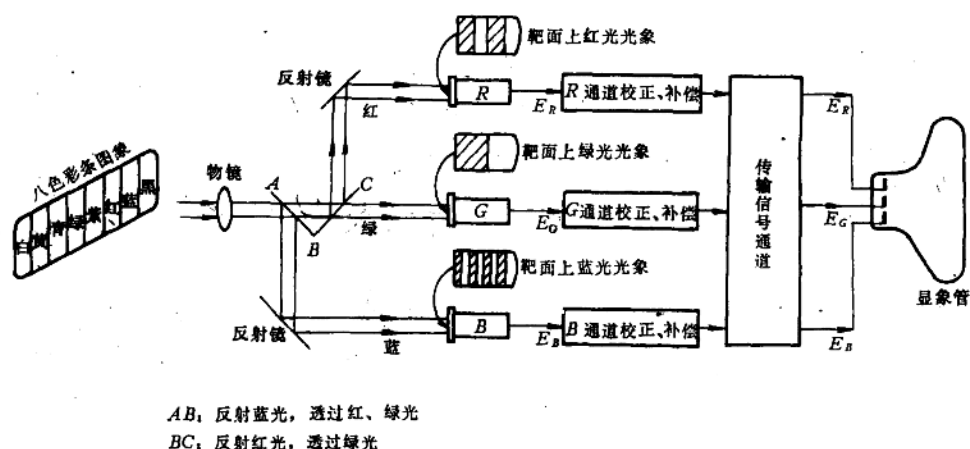


图1-7 彩色电视传象和重现原理图

色光分解为相应的红、绿、蓝三种基色光,分解后的各基色光的强度是彩色光 F 的函数。三路光同时投射到三个摄像管的光敏靶上,在三个靶面上分别呈现红、绿、蓝三幅基色光象。三只摄像管的电子束同步地逐行地扫描靶面,同时输出三路信号 E_R 、 E_G 、 E_B ,它们的大小分别与基色光强度有关,这样就完成了彩色图象的分解(空间→时间的变换,光象→电信号的变换)。三基色信号 E_R 、 E_G 、 E_B 经传输通道和电视接收机的接收,分别去控制彩色显象管的红、绿、蓝三束电子束的强弱。三条电子束经会聚正确无误地分别打在 R 、 G 、 B 的荧光粉条上,在显象管荧光屏上就呈现出三幅基色镶嵌在一起的图象,经人眼视觉的空间混色效应,人们所观察到的便是一幅逼真的彩色图象。

要做到彩色的正确重现,要求摄像机的分色特性与显象管的混色特性一致起来。然而摄像机的分色特性决定于分光系统的光谱特性。照射光源不同时,分色比例亦相应变化,而显象管的混色特性与所选荧光粉的色度坐标和标准白光有关,分色特性与混色特性很难做到一致。为了防止因此而产生的彩色失真,在摄像机中要采取校正措施,这叫彩色校正。

此外,显象管的输出亮度与调制电压 E 的 γ 次方成正比。 γ 值一般在2.2~2.8之间。这不但会使图象产生亮度失真,而且会产生色度(特别是色调)失真。为了补偿此失真,

在电视发射机内往往对已产生的图象信号进行 γ 预校正后再发送。

八色彩条图象可由频率为 15625Hz、31250Hz、62500Hz 的方波信号分别输往彩色显象管的 G、R、B 的阴极，控制 G、R、B 电子束的强弱。若关闭 R 和 B 时，只有 G 电子束，绿色荧光粉发光，则屏面上显出绿、黑竖条（“黑”表示荧光粉不发光）。若使 G、B 电子束截止，则屏面上显示出红、黑相间的竖条。若使 G、R 电子束截止，则屏面上显示出蓝、黑相间的竖条。若使 R、G、B 电子束强度相等，则屏面上显示出饱和度为零的白光。如果 R、G、B 电子束同时存在，则在屏面上看到的是混合色，即自左至右按白、黄、青、绿、紫、红、蓝、黑的顺序排列的八色彩条图象，如图 1-8 所示。

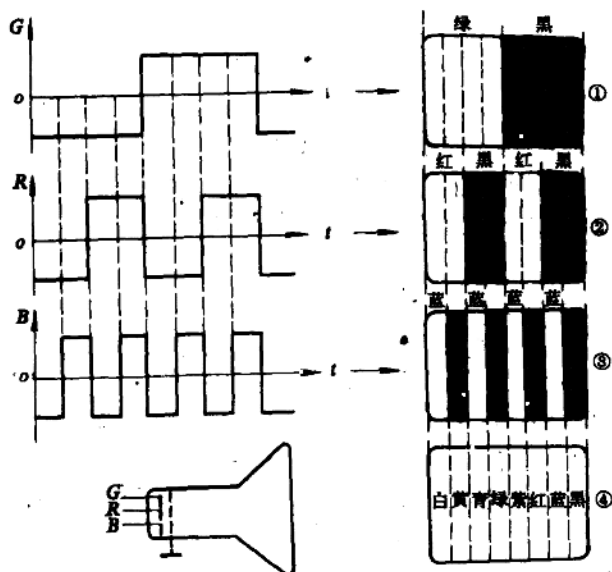


图 1-8 彩色显象管阴极输入信号时对应屏面的图象（“黑”表示荧光粉不发光）

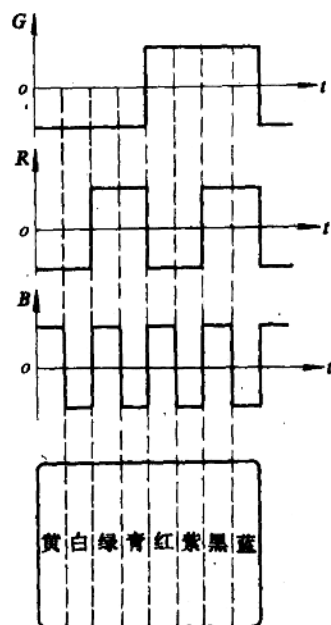


图 1-9 将 B 信号相位错开 180° 时屏面上色调的变化

基色信号的相位是否准确也很重要。若将蓝信号的相位滞后 180° 时，屏面上的彩条图案变成如图 1-9 所示。

此现象说明，基色信号相位变化时将引起色调的改变。若再改变输入信号的振幅，还将引起饱和度的变化。可见，如果改变输入信号的振幅、频率和相位，则在彩色显象管屏面上就显现各种各样深浅不同的色彩。

第二章 彩色电视原理和制式

作为一种电视制式,“兼容”是必不可少的条件和要求,即:彩色电视机不仅能收看彩色电视节目,也要能收看同一制式的黑白电视节目;而黑白电视机不仅能收看黑白电视节目,也应能收看彩色电视节目,当然此时只能呈现相应的黑白图象。本章分别讨论 NTSC 制和 PAL 制式的原理。

2.1 彩色电视制式的分类与特点

2.1.1 按传送三基色信号的时间顺序分类

实现彩色电视的最简单方式,是将彩色摄像机输出的三个基色信号分别用三个通道输往接收端的显象装置。这样的传输方式是不行的,因为它要三套发送设备,占用三倍于黑白电视的频带范围,是很不经济的。所以各国的彩色电视广播都是用单一通道来传送,但其实现的方式有所不同,每一种特定的传输方式称为彩色电视的一种制式。在彩色电视发展过程中曾出现过几种不同的制式。

(1) 顺序制。顺序制是将红、绿、蓝三基色图象信号按行或场顺序传送,利用人眼的视觉暂留特性,将三基色图象混合而得出彩色图象。但它不能与黑白电视兼容,近代彩色电视不再用此制式了。

(2) 同时制。同时制就是在发送端将三基色信号按适当的方法加以组合(称编码),变换成一个既包含亮度信号又包含色度信号的彩色全电视信号传送出去。接收端收到此彩色全电视信号后,再将彩色全电视信号分解(称解码),重新恢复为三个基色信号加到彩色显象管,重现景物的彩色图象。由于色度信号的调制方式上有差别,它又分为

① 正交平衡调幅制(NTSC 制)。它的特点是代表图象色度的两个信号,分别对频率相同、相位差 90° 的彩色副载波进行正交平衡调幅。美国、日本、加拿大等国家采用这种制式。

② 逐行倒相正交平衡调幅制(PAL 制)。它与 NTSC 制的差别仅在于代表图象色度的两个信号之一是逐行倒相的。联邦德国、英国等欧洲国家及我国采用这种制式。

(3) 同时-顺序制。同时-顺序制是上述(1)、(2)两种制式的组合,又称行顺序轮换调频制(SECAM 制)。其特点是代表图象色度的两个信号逐行轮换地对彩色副载波进行调频。法国、苏联及东欧等国家采用这种制式。

2.1.2 兼容制的必备条件

按使用的目的,彩色电视可分为兼容制和非兼容制两种。

非兼容制主要用于科学研究、工业电视、安全监视和报警电视等方面。根据不同需要,有的要求简便易行,有的要求图象质量较高等。这些内容不属本书范围,故不作介绍。

兼容制的“兼容”是相对黑白电视而言的。从电视技术发展过程来看,先有黑白电视